PRZYCZYNEK DO NAUKI

O ACHROMATOPSYI

na bocznych częściach siatkówki.

PODAŁ

Drd. JUSTYN KARLIŃSKI.

(Z jedną tablicą litografowaną).

(Osobne odbicie z XI Tomu Rozpraw i Sprawozdań Wydz. matem.-przyr. Akademii Umiejętności).

W KRAKOWIE,
W DRUKARNI UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO,
pod zarządem Ign. Stelcla.
1884.

Z pracowni fizyjologicznéj Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Przyczynek do nauki O ACHROMATOPSYI na bocznych częściach siatkówki.

Podał
Drd. Justyn Karliński.

Pół wieku przeszło temu, jak słynny fizyjolog Purkinie [1]) zwrócił był uwagę na zjawisko, iż barwy padające na środkową część siatkówki, plamkę żółtą i najbliższe jéj otoczenie, a więc na miejsce najwięcéj na światło wrażliwe inaczéj nam się przedstawiają, niż gdy je widzimy przy pomocy bocznych części siatkówki.

Spostrzeżenie to było dowodem, że między pojmowaniem wrażeń odbieranych środkową a obwodową częścią siatkówki, zachodzą znaczne różnice; że oko pewną tylko częścią siatkówki rozróżnia barwy dokładnie, po za nią, częścią obwodową rozróżnia je trudniéj, lub wreszcie zgoła rozeznać ich nie może.

---

[1]) Purkinie: *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne, 1825* T. II. p. 15.

Od tego czasu rok za rokiem mnożą się prace, zmierzające do określenia przyczyny tego zjawiska. Gdy Hueck [1]) zwrócił uwagę, iż barwa przedmiotu im daléj od środka siatkówki na nię działająca, tém mniéj wyraźną dla oka się staje; że granice pojmowania barw od wielkości przedmiotu barwnego zależą; gdy Szokalski [2]) orzekł, iż siatkówka na powiérzchni swéj nie jednako na barwy jest czułą; gdy Aubert i Förster [3]), Schelske [4]), Helmholtz [5]), a za nimi i inni badacze, okazali zapomocą licznych tak z barwami widma słonecznego jak i barwnikami powtarzanych doświadczeń, że boczne części siatkówki nie są czułe na barwy; rozpowszechniło się przekonanie, że niemożność rozeznawania barw ma przyczynę fizyjologiczną. Zgodnie z teoryją Young-Helmholtza polegać ona ma na niewrażliwości elementów czulnych siatkówki na fale światła barwnego, gdy tymczasem te same elementa są jeszcze w stanie odbierać od przedmiotów inne właściwe widzeniu wrażenia.

Rozmaici badacze zgadzają się już na to, iż achromatopsyja ócz prawidłowych jest czysto fizyjologicznem zjawiskiem, różnią się jednak między sobą w zapatrywaniach ze względu na granice wrażliwości siatkówki dla poszczególnych barw. W rozumieniu jednych są one stałe, zależne od budowy anatomicznéj siatkówki, w przekonaniu innych granice te nie są stałe i od fizyjologicznego stanu siatkówki zależą.

---

[1]) Müllers *Archiv. 1840:* Hueck: *Von den Grenzen des Sehvermögens.*

[2]) Szokalski: *Ueber die Empfindung der Farben in physiologischer und pathologischer Hinsicht 1842* p. 24.

[3]) Aubert *und* Förster: *Ueber die Grenzen der Farbenempfindung auf seitlichen Theilen der Retina.* w Gräfego *Archiv für Ophtalmologie 1857* T. III. część II.

[4]) Schelske: *Ueber Farbenblindheit des normalen Auges.* w Gräfego. *Arch. für Ophtal. IX.* Część 3cia.

[5]) *Physiologische Optik. 1867* p. 300.

Największa liczba prac, dotyczących tego zajmującego przedmiotu, pojawiła się w języku niemieckim i rosyjskim, jedyna w polskim języku ogłoszona w tym przedmiocie, a napisana przez Czcigodnego mego Profesora Dra Gustawa Piotrowskiego, zasługująca ze wszech miar na uwagę z powodu, że sprowadza rzeczone zjawisko do zbadanych praw fizycznych, zamiast tłómaczyć je domniemanym stanem siatkówki, — rzecz dziwna, — poszła w zapomnienie.

W XXXVII Tomie Roczników Towarzystwa Naukowego Krakowskiego, a więc mniéj więcéj w tym czasie kiedy Schelske doświadczenia swe ogłaszał, badacz ten ogłosił pracę swą pod tytułem: „Przyczynek do nauki o achromatopsyi“. Zwracając w téjże uwagę na różnice zachodzące w przepuszczaniu i odbijaniu promieni przez liczne środowiska łamiące światło w oku, zależące jak wiadomo od długości lub krótkości fal światła, przypominając iż promień przepuszczony tém większemu ulega załamaniu, im krótsze są jego fale, że przy mniejszéj długości fal, natężenie światła odbitego jest większe, a natężenie załamanego mniejsze tak, że ostatecznie z promieni światła o krótkich falach zbyt mało do siatkówki dojść może; nieczułość bocznych części siatkówki na niektóre barwy wywodzi z téj właściwości promieni. Zgodnie téż z tém tłómaczeniem przekonać się można, iż na bocznych częściach siatkówki szczuplejsze są granice wrażliwości na barwę czerwoną niż na każdą inną, najobszérniejsze zaś dla barwy fijoletowéj, jak to okazują liczne doświadczenia, jakie sam wykonałem, i na co zgadzają się téż niektórzy inni badacze.

W obec tłómaczenia tego teoryja Young-Helmholtza o troistych elementach czulnych w siatkówce, i wynikające z niéj określenie tego zjawiska jako sprawy fizyjologicznéj staje się zbyteczne i w wywodach swoich naciągane, gdy tymczasem wywodzenie achromatopsyi bocznéj z większego lub mniejszego zasobu odbitych a względnie załamanych promieni

dochodzących od barwnego przedmiotu, tém samém uznanie téj sprawy za zjawisko czysto fizycznéj natury, tłómaczy ją należycie [1]).

---

[1]) Łaskawości Pana Doc. Dra L. Birkenmayera zawdzięczam zwrócenie méj uwagi na tę okoliczność, że tłómaczenie achromatopsyi ócz prawidłowych przez Prof. Dra Piotrowskiego, jako zjawiska fizycznego a nie fizyjologicznego, znajduje zupełne uzasadnienie we wzorach jakie optyka wyprowadza co do natężenia światła załamanego przez jedno lub kilka środowisk optycznych. I tak, wiadomo, że światło naturalne po załamaniu się, staje się częściowo spolaryzowaném w płaszczyźnie załamania a całkowite natężenie załamanego światła jest proporcyjonalne do wyrażenia:

$$R = \frac{1}{2}\frac{\sin 2i \sin 2r}{\sin^2 [i+r]} + \frac{1}{2}\frac{\sin 2i \sin 2r}{\sin^2 (i+r) \cos^2 [i-r]}$$

gdzie i jest kątem wpadania, zaś r kątem załamania *) przyczém jak wiadomo $\sin i = n \sin r$ gdzie n jest wykładnikiem łamania światła dla pewnéj barwy. Z powyższego wzoru można łatwo znaleźć, że dla tego samego kąta wpadania i ilość R zmniejsza się w miarę jak n się powiększa, t. j. w miarę jak długość fali się zmniejsza, gdyż wiadomo, że falom krótszym odpowiadają większe wykładniki załamania. Znaczy to, że dla krótszych fal natężenie światła załamanego jest mniejsze aniżeli dla fal dłuższych. Nie przeprowadzając wcale rachunku dla wypadku ogólnego, gdy kąt i jest dowolnym, wystarczy dla nas ten przypadek, gdy promień pada na powiérzchnię oddzielającą oba optyczne środowiska bardzo ukośnie, t. j. gdy kąt i jest bliskim 90°. Oznaczywszy ilość R dla innéj barwy przez R', przyczém wykładnik łamania jest cokolwiek większym od poprzedniego, a mianowicie $n' = n + p$ gdzie p jest bardzo małą liczbą, to po prostym rachunku otrzymamy stosunek natężenia światła w obydwóch wypadkach w dostateczném przybliżeniu

$$\frac{R'}{R} = 1 - \frac{n(3-n^2)}{n^4-1}\,p.$$

---

*) Obacz E VERDET: *Leçons d' Optique physique (Refraction de la lumière naturelle)* Tom II p. 4:7.

O granicach czułości siatkówki wyraża się pewna część badaczów, jak to powyżéj wspomniałem, iż nie są one stałe. Doświadczenia jakie w téj mierze wykonałem z przyrządem odmiennéj konstrukcyi od dotąd używanéj, stwierdziły w rzeczy saméj to przypuszczenie; co więcéj, niestałość ta rzeczonych granic dla jednéj i téj saméj barwy jest dosadnym dowodem słuszności zapatrywań Prof. Dra Piotrowskiego, że sprawa ta nie jest zjawiskiem fizyjologicznem, a więc nie potrzebuje być tłómaczoną brakiem wrażliwości elementów siatkówki na promienie światła, że natomiast odnieść ją wypada do zmieniającéj się krzywizny soczewki, czyli krótko mówiąc, jedynie do akomadacyi.

Stosując oko do rozmaitych odległości znajdowałem granice rozmaite. Gdy odległość przedmiotu była znaczna, dostrzegałem nieczułość siatkówki na daną barwę już w niewielkiém od plamki żółtéj oddaleniu; przeciwnie gdy przedmiot był bliższy, nieczułość poczynała się w większéj od plamki żółtéj odległości, przez co okolice siatkówki, które poprzednio (t. j. przy stosowaniu oka do odleglejszego punktu) były nieczułemi dla barw odpowiednich, czułemi się stawały. Téj zaś okoliczności widocznie z owym wrzekomym brakiem „elementów czulnych“ w składnikach siatkówki, jak tego wymaga teoryja Young - Helmholtza, pogodzić nie można.

Co do mnie, zabierając się do doświadczeń, których wypadkiem było sprowadzenie zjawiska tego do rzędu zjawisk fizycznych, wyznaję, że już z góry nie bardzo wierzyłem w ową achromatopsyję fizyjologiczną.

Ponieważ dla wszystkich trzech środowisk optycznych oka wykładnik $n < \sqrt{3} = 1 \cdot 73$, przeto prawa strona tego zrównania jest mniejszą od jedności, t. j. $R' < R$ co znaczy, że w istocie natężenie światła odpowiadającego krótszym falom jest mniejsze od natężenia światła odpowiadającego falom dłuższym.

Już bowiem Landolt [1]) znalazł, iż przy odpowiedniém oświetleniu oraz natężeniu barwy, czułość siatkówki na barwy sięga aż do samych jéj krańców, a twierdzenie to, chociaż zaczepione przez Dobrowolskiego [2]), obalonėm jednak dostatecznie nie zostało. W tym celu utworzywszy za pomocą heliostatu i pryzmatu widmo i odłączywszy z niego jednę barwę, rzucałem maleńki obrazek taki na oko, nie na rogówkę, lecz właśnie na twardówkę i to mniéj więcéj na 3 — 5 milimetrów od brzegu rogówki. Prześwietlająca i przepuszczająca światło z natury swéj twardówka, przepuszcza tyle z rzeczonego światła, iż istotnie wrażenie danéj barwy uczuwać się daje, choćby przepuszczane promienie padały na części bardzo ku krańcom siatkówki położone, jeżeli już nie na same jéj krańce.

Że nie było to złudzeniem, przekonać się mogłem na oczach tych osób, którym bez ich wiedzy rzucałem obrazek barwy widmowéj w ten sposób na twardówkę. Osoby te nie wiedząc poprzednio z jaką barwą doświadczenie czyniłem nie myliły się nigdy w jéj rozeznawaniu, tak dalece, że nawet różnice barwy niebieskiéj od fijoletowéj dokładnie podawały.

Postanowiłem tedy badać zjawisko niemożności rozpoznawania barw bocznemi częściami siatkówki w warunkach zwyczajnych, a do badań tych, idąc za radą Czcigodnego Prof. Dra Piotrowskiego, nie użyłem dotychczas używanego Aubert-Försterowskiego perimetru, lecz sporządziłem sobie w tym celu odmienny a nader prosty przyrząd, oparty na téj saméj zasadzie co i narząd piérwotny użyty przez Auberta i Förstera. Przyrząd, którego używałem, składa

---

[1]) Landolt: *Klinische Monatsblätter* 1875 p. 376.

[2]) Dobrowolski: *Ueber die Empfindlichkeit des Auges gegen Lichtintensität* i t. d. Pflügera: *Archiv. für gesam. Physiol.* XII. 465—466.

się z drążka mocnego a niegiętkiego, okrągło zheblowanego, który spoczywa zupełnie poziomo na mocnych podpórkach w pewnéj od podłogi wysokości. Na drążku tym umieszczoną jest podziałka centymetrowa (cała jéj długość przenosi 3 metry), a nadto spoczywa na nim cienka przesuwalna listwa 4 centymetry széroka, która za pomocą śruby w dowolném położeniu na drążku może być utwierdzoną. Oprócz tego po za listwą znajduje się tarcza okrągła również przesuwalna, z podziałką w obwodzie odpowiadającą stopniom kątowym. Środek téj tarczy przypada na środek przekroju wspomnionego drążka. Na listwie oznaczona jest podziałka milimetrowa któréj punkt *0* przypada również na środek przekroju drążka. Oko badanéj osoby umieszczone na jednéj płaszczyźnie z drążkiem patrzy po tymże do punktu początkowego podziałki milimetrowéj na listwie. Aby uniknąć poruszeń głowy posługuję się podpórką, składającą się z owalnéj obręczy odpowiadającej długości głowy, przytwierdzoną stale do podłogi, którato obręcz ściskając głowę w skroniach i brodzie unieruchomia ją dostatecznie.

Na końcu listwy poprzecznéj znajduje się maleńki bloczek, przez który przesunięty sznurek „bez końca“ biegnąc po grzbiecie listwy, nosi na sobie maleńką płytkę barwną, która przez pociągnięcie sznurka posuwa się po podziałce listwy. Na powiérzchni listwy, po stronie zwróconéj do osoby badanéj, jest szpara $^1/_2$ ctm. széroka a 5 ctm. długa, aby przez nią można było widzieć podziałkę stopniową na tarczy, jakotéż aby listwie można było nadać nachylenie odpowiednie odczytanym stopniom.

Ustawiwszy listwę w pewném miejscu podziałki drążka, (n. p. zupełnie poziomo), siada badana osoba przy przeciwległym jego końcu i utwierdziwszy głowę tak aby oko na jednéj płaszczyznie z powiérzchnią drążka się znajdowało patrzy po tymże na początek podziałki listwy. Równocześnie zaś, mając drugie oko przysłonięte, pociąga

sznurek i posuwa kolorową tabliczkę wzdłuż podziałki listwy tak długo, aż tabliczka zupełnie dla niéj bezbarwną się stanie. Liczba podziałki odpowiadająca temu miejscu zostaje zanotowaną.

Przyrząd cały jest sporządzony z białego drzewa; również białą jest ściana pokoju przeciwległa oku badanemu, pomiędzy którém a ścianą niema żadnych przedmiotów, któreby uwagę osoby badanéj zająć, a przez to i ścisłość doświadczenia zmniejszyć mogły. Sposobów unieruchomienia oka przy tego rodzaju doświadczeniach niema żadnych; cała ścisłość zależy tu już od uwagi, od silnéj woli, przy pomocy których (jak się to na sobie i osobach z któremi częściéj doświadczenia czyniłem przekonać mogłem), można przyjść do takiéj wprawy, iż oko utrzymuje się stale w jednêm położeniu.

Jak wyżéj wspomniałem, notuje się punkt podziałki na którym tabliczka kolorowa stała się bezbarwną dla oka osoby badanéj; wszakże nie ta tylko dana służy do następnego obliczenia. Dla większéj dokładności używam jeszcze do obliczeń, średnich z cyfer jakie dają:

1) Miejsce podziałki, w którém tabliczka, n. p. czerwonego koloru, przy przesuwaniu jéj od punktu *0* ku obwodowemu końcowi listwy, przez wszystkie odcienia badanemu oku czarną się wydaje.

2) Miejsce, w którém posuwając od obwodowéj części ku początkowi listwy tabliczkę ową przedstawiającą się dla oka czarno, spostrzegamy na niéj pierwszy słaby odcień czerwoności.

3) Ponieważ przekonałem się, że jakkolwiek przy pewném położeniu tabliczka wprawdzie czarną się wydaje, to jednak przy drobnych poruszeniach w jednę i drugą stronę słaby odcień jéj właściwéj barwy występuje, notuję przeto punkt podziałki, gdzie poruszona tabliczka owa więcéj już tegoż odcienia nie pokazuje.

4) Ustawiwszy tabliczkę owę na miejscu przez doświadczenie piérwsze otrzymaném, posuwam ją jeszcze ku obwodowi dopóty, dopóki mimo poruszeń, nie będzie już odcienia barwnego [1]) a wreszcie wziąwszy

5) średnią z danych, otrzymanych cztérema sposobami, ustawiam tabliczkę na tak otrzymanym punkcie podziałki, następnie zaś przesuwam ją drobnémi ruchami aż na owo miejsce, gdzie już więcéj odcienia barwnego nie otrzymam, gdzie więc już badana osoba rozezna wprawdzie jeszcze kształty tabliczki lecz zobaczy ją już bezbarwną [2]).

Średniéj dopiéro z wszystkich tych doświadczeń używam do obliczenia, to jest do zamienienia cyfr tak otrzymanych na kąty, odpowiadające poszczególnym południkom siatkówki. Rozwlekły ten nieco sposób postępowania okazał się jednak koniecznym, już dla tego, że różne osoby nie z równą dokładnością zważały na odcienie barw pojawiających się przy przesuwaniu tabliczki; już znowu, że z tego powodu dość często miałem sposobność przekonania się, jak dalece cyfry jednym sposobem otrzymane, przy powtórzeniu po jakimś czasie, mimo równych zresztą warunków, różniły się od siebie.

Postąpiwszy w ten sposób z okiem jedném, przechodzę do drugiego, zasłaniając opaską dopiéro co badane, ażeby uniknąć rychłego zmęczenia i współubiegania się siatkówek. Po dokonaniu w ten sposób dla obu oczu pomiarów, zostawiając listwę w téj saméj od oka osoby badanéj odległości, nadaję jéj położenie o 15° od poprzedniego odmienne, i tak postępuję daléj, dopóki listwa nie zatoczy całego koła. W ten sposób otrzymane cyfry, wpisane w od-

---

[1]) Nader rzadko zdarzyło mi się spotkać aby cyfry z doświadczenia 3 i 4 zupełnie się z sobą zgadzały.

[2]) Przeciętnie w 40% zrobionych doświadczeń liczby z doświadczenia 5go różniły się od liczb z doświadczeń 3 i 4go, w każdym razie różnice te nie przechodziły 2 ctm.

wrotnym porządku, odpowiadają widocznie poszczególnym południkom siatkówki, z których co dwa sąsiednie oddalone są od siebie o 15°.

Ukończywszy pomiary takie przy pewnéj odległości listwy od oka, zmniejszam tę odległość stopniowo, powtarzając w całości wyż opisane doświadczenia na każdym nowym punkcie, do którego oko akomodować się musiało. Takim sposobem śledzić mogłem na siatkówce granice w jakich barwy dostrzegać się dają przy stósowaniu oka do różnych odległości.

Odległości te odmierzone na drążku, były 300 ctm., 200 ctm., 150, 100, 50, 30, 20 ctm. Przeniesienie cyfr otrzyma[illegible] na podziałce na południki, a więc zamianę jednostek długości na jednostki kątowe, uskuteczniałem w następujący sposób:

Niech na figurze 2giéj odległość *AR* oznacza długość drążka, wzdłuż którego patrząc stósowano oko do odległości punktu *A*. Długość linii *AB* niech oznacza odległość znalezioną na podziałce listwy, do któréj odsunięta tabliczka barwna stała się dla oka bezbarwną. Punkta *L*, *D*, *S*, oznaczają: punkt węzłowy, obrotowy i środek siatkówki. Przypuszczając oko uproszczone, *RS* t. j. długość osi ocznéj wynosić będzie 22·1 mm., odległość *LS*, t. j. punktu węzłowego od siatkówki, 15 mm., przez co *LR* = 7·1. Tę ostatnią odległość dla ścisłości zwykłem przy wszystkich pomiarach doliczać do *AR*. Odległość *DS*, t. j. punktu obrotowego od siatkówki = 8·8 mm.; *DL*, t. j. odległość tegoż punktu od punktu węzłowego = 6·2 mm. Nie mając dokładnych danych dotychczas co do krzywizny siatkówki, uważałem ją za część kuli zatoczonéj raczéj z punktu obrotowego oka, niż z punktu węzłowego; położenie zaś punktu obrotowego, według obliczeń Wojnowa i według tego o czém sam się przekonałem, powtarzając jego doświadczenia, na

sobie i oczach umiarowych osób innych, oznaczam na 8·8 mm. [1]).

Rzut oka na załączoną figurę okaże, iż

$$\frac{AB}{AL} = \text{tang } \alpha, \quad \text{a} \quad \sin(\beta - \alpha) = \frac{6{\cdot}2}{8{\cdot}8} \sin \alpha =$$
$$= 0{\cdot}7295 \sin \alpha.$$

Co do doświadczeń samych dodać muszę, iż robiłem je w dnie pogodne słoneczne, zazwyczaj o jednakowéj porze, aby uniknąć różnic oświetlenia. Oczy moje jak i osób przezemnie badanych były umiarowe (*Emmetropici*). Osób badałem 20, po większéj części uczniów Uniwersytetu Jagiellońskiego, którzy barwy i ich odcienia należycie rozeznawali. Co do przedmiotów barwnych używanych do doświadczeń, byłyto płytki pokryte kupnym papiérem kolorowym, ile możności barwy jednolitéj, t. j. takie, które oglądane przez pryzmat, jak najmniéj domieszki innéj barwy okazywały. Wielkość tych skrawków wynosiła 1 ctm. □. Nadmieniam wreszcie, że oczom osób badanych często dawano odpoczynek, aby ile możności usunąć wpływ zmęczenia siatkówki [2]).

Wypadki wielokrotnie powtarzanych doświadczeń były następujące:

I. Co do zmieniania się barw, przy przesuwaniu się wrażenia od środka ku obwodowi siatkówki.

---

[1]) Rezultaty poszukiwań moich w przedmiocie położenia punktu węzłowego oka wkrótce ogłoszone zostaną.

[2]) W tém miejscu zaznaczyć muszę powód zmuszający mnie do użycia przyrządu odmiennéj niż powszechnie używanéj konstrukcyi. Robiąc doświadczenia zwykłym perymetrem pomysłu Auberta, nie mogłem śledzić różnic zachodzących w granicach przy akomodowaniu do rozmaitych odległości; co najwięcéj mógłbym w tym celu użyć perimetru zmodyfikowanego przez Cartera (*Klinische Monatsblätter 1872*, p. 282), którego jednak na miejscu dostać nie mogłem. Z uwagi, że łuk zawsze jest krótszy od przynależnéj stycznéj trygonometrycznéj, ten sposób zdaje się dokładniej·

Barwa czerwona na tle białém listwy, w niewielkiéj odległości od środka siatkówki staje się jaśniejszą. Przybiéra ona odcień żółtawy przechodzi w pomarańczową, którato barwa stopniowo coraz mniéj czystą się staje, wpada w ciemnobrunatną a wreszcie czarną. Nadmienić winienem, że powtarzając doświadczenia z barwą czerwoną bardzo wiele razy (z każdą z osób badanych musiałem przeciętnie 1680 pomiarów wykonać) nader rzadko i to przeważnie wtedy gdy oko było zmęczone, znalazłem odmienną koléj w przechodzeniu barw. Zmiana ta była zgodną z tém, co Raehlmann podaje [1]) o widmowéj barwie czerwonéj, mianowicie zaś, że barwa czerwona przez odcień pomarańczowy przechodziła w siarkowożółtą i wreszcie stawała się białą, tak, że w końcu nie można było odróżnić jéj od listwy mierniczéj.

Barwa pomarańczowa, stając się zrazu jaśniejszą, prawie siarkowożółtą, ciemnieje zwolna i jakkolwiek barwy tabliczki na pewne oznaczyć nie podobna, to jednak, choć nie staje się czarną, to mniéj więcéj szaropopielatą, a zaledwie 25 razy różnym osobom wydała się białą.

Barwa żółta jaśnieje zwolna a wreszcie staje się białą.

Barwa zielona zmienia się bardzo powoli, staje się żółtą i przechodzi w białą. W 30 przypadkach napotkałem przejście w szarą.

---

szym, gdzie przy równéj zresztą staranności, téj saméj wielkości pomyłka odnosila się do przestrzeni większéj, jaką właśnie, odnośnie do łuku użytego przez Auberta, reprezentuje w przyrządzie moim styczna trygonometryczna. Do użytku praktycznego, do szybkich, osobliwie w celach dyjagnostycznych pomiarów, perimetry Auberta lub Cartera daleko są sposobniejsze niż przyrząd dopiéro co opisany, którym téż w tym względzie chętnie przyznaję piérwszeństwo.

[1]) Raehlmann: *Ueber Verhältnisse der Farbenempfindung beim indirekten und direkten Sehen. Archiv für Ophtalm. XX*, p. 17.

Barwa niebieska ciemnieje zwolna stając się w końcu czarną.

Barwa fijoletowa utrzymuje się najdłużéj niezmienioną, ciemnieje zwolna, stając się czarną. W 105 przypadkach dostrzegłem, że już w miernéj odległości od środka siatkówki, nie można było odróżnić téj barwy dokładnie; nabiérała ona odcienia ciemnoniebieskiego i jako taka utrzymywała się bardzo długo, aż wreszcie w czarną przeszła. [1]).

Tabliczki barwne używane przezemnie do doświadczeń, byłyto skrawki kartonu pokryte papiérem barwnym niebłyszczącym, aby uniknąć możliwych złudzeń co do jasności. Najczystszą z barw tych była barwa czerwona z fabryk praskich pochodząca, najwięcéj do rozczynu karminu zbliżona, a nosząca handlową nazwę perskiéj czerwieni „*Persisch roth*“. Największe téż przypisuję znaczenie doświadczeniom z tą barwą robionym.

II. Co do granic poczucia tych barw na bocznych częściach siatkówki pokazało się na zasadzie przeprowadzonych doświadczeń co następuje: Najobszérniejsze granice na siatkówce odpowiadają barwie fijoletowéj, z którą równa się prawie w tym względzie barwa niebieska. Po nich w kolei umniejszania się zakresu, przypada barwa żółta i zielona co do których wypadki były dosyć sprzeczne. Tak bowiem u 7 osób, w 365 doświadczeniach, granice odpowiednie barwie zielonéj były obszérniejsze niż żółtéj, wszakże i u tych samych przy stósowaniu oka do większéj odległości, barwa żółta obszérniejsze miewała granice niż zielona. U reszty osób bez wyjątku, przy wszystkich doświadczeniach, granice czucia barwy żółtéj były obszérniejsze niż zielonéj, ztąd téż kładę ją zaraz po niebieskiéj. Po

[1]) Robiąc doświadczenia z fijoletowemi płytkami 0·5 ctm. □ przekonać się mogłem, iż dla oczu moich tak prawego jak lewego, barwa ta nigdy czarną się nie staje, zjawiska tego przy płytkach większych nie spotykam.

barwie zielonéj następuje pomarańczowa; a wreszcie czerwona. Dla lepszego uzmysłowienia dołączam szkic wzajemnego stósunku granic. (Obacz figurę 3).

Raehlmann [1]), który barw widmowych do doświadczeń używał, podaje następujący szereg: 1) Niebieska, 2) żółta, 3) fijoletowa, 4) zielona, 5) czerwona. Aubert [2]) zaś, używając podobnie jak ja barwików, porządkuje je w następujący sposób: zielona, żółta, niebieska, czerwona.

Tablica I.

Oko prawe. AR=200 ctm. Liczba osób badanych 20.

E.

Południk siatkówki	Cześć siatkówki	Barwa czerwona	pomarańczowa	zielona	żółta	niebieska	fijoletowa
0	wewnetrzna	16°58′	18°26′	19° 7′	20° 1′	22° 4′	22°14′
15		16°31′	18° 3′	18°56′	19°54′	22°	22° 4′
30		16°25′	18°	18°50′	19°50′	21°56′	22°
45		15°54′	17°52′	18°44′	19°46′	21°56′	21°56′
60		15°30′	17°34′	18°44′	19°40′	21°50′	21°56′
75		15°28′	17°30′	18°40′	19°35′	21°40′	21°50′
90	górna	15°23′	17°25′	18°35′	19°35′	21°40′	21°50′
105		15°12′	17°16′	18°26′	19°30′	21°23′	21°23′
120		15° 8′	17°10′	18°21′	19°25′	21°	21°23′
135		14°59′	16°58′	17°59′	19° 1′	20°49′	21°23′
150		14°45′	16°50′	17°51′	18°56′	20°49′	21°
165		14°28′	16°30′	17°35′	18°50′	20°30′	21°
180	zewnetrzna	14°28′	16°25′	17°35′	18°42′	20°30′	20°49′
195		13°51′	15°54′	16°59′	18°15′	19°50′	20°49′
210		13°44′	15°50′	16°55′	18° 7′	19°50′	20°30′
225		13°20′	15°30′	16°38′	18° 7′	19°35′	20°30′
240		13° 8′	15°20′	16°31′	17°59′	19°35′	19°50′
255		13°	15° 8′	16°28′	17°51′	19°10′	19°50′
270	dolna	12°20′	14°24′	15°31′	17°21′	19°10′	19°35′
285		13° 8′	15°30′	16°25′	17°25′	20°30′	21°13′
300		14°19′	16°25′	17°59′	18°41′	21°23′	21°50′
315		15°12′	17°12′	18°15′	19°20′	21°50′	21°56′
330		15°28′	17°32′	18°35′	19°30′	21°56′	22°
345		15°42′	17°52′	18°56′	19°54′	21°56′	22° 4′

[1]) Raehlmann *l. c.* pag. 17, fig. 2.

[2]) Aubert: *Physiologische Optik*, p. 542, Tab. XX, w Gräfe u. Saemsich: *Augenheilkunde* Tom II.

Landolt[1]) podaje szereg: Niebieska, żółta, pomarańczowa, czerwona, jasnozielona, ciemnozielona, fijoletowa(!).

Dobrowolski [2]): Niebieska, zielona, czerwona.

Na załączonéj tablicy I przedstawiłem wypadki pomiarów dokonanych wyż opisanémi sposobami na oku prawém 20 osób, badanych przy odległości akomodacyjnéj = 200 ctm.

III. Bieg tych granic na siatkówce nie jest regularny. Charakterystyczną jest jednak rzeczą, iż granice te dla barw wszystkich najdaléj sięgają w przynosowéj części siatkówki, szczuplejsze są w dolnéj części téjże, obszérniejsze w górnéj. Nie wiem czy wolno mi na podstawie dotychczasowych wypadków przypuszczać, że są to koła współśrodkowe, odstępy zaś w téj mierze wynikają prawdopodobnie z przeszkód stawianych przez otoczenie oka, jako to przez nos, łuki czołowe i powieki; tudzież z niedostatecznéj może liczby pomiarów we wszystkich południkach siatkówki, których dotychczas najwięcéj mogłem dostarczyć z 24ech.

Być może, że późniejsze badania okażą, iż sąto linije téj saméj co siatkówka krzywizny.

IV. Do doświadczeń, jak to powyżéj wspomniałem, używałem tabliczek barwnych wielkości 1 ctm. □; używając jednak tabliczek o innych rozmiarach, mogłem się przekonać, iż od ich wielkości zależą téż granice w jakich odpowiednia barwa daje się czuć na siatkówce. Aczkolwiek jednak powiedzieć to można, że w ogólności granice te rozszérzały się w miarę wielkości przedmiotu barwnego, to przecież ściślejszy w téj mierze stósunek wykazać się nie dał. Podobne usiłowanie Auberta miało także rezultat ujemny.

W tablicy załączonéj każda cyfra jest średnią z 35 doświadczeń, to jest pięciokrotnego u każdéj z 7 osób odczytania granic na podziałce.

---

[1]) Landolt und Snellen: *Die Functionsprüfungen des Auges* w III tomie, p. 69. Gräfe u. Saemisch *Augenheilkunde*.

[2]) Dobrowolski *l. c.*, p. 457.

Tablica II.

Barwa czerwona.

Oko prawe AR=300 ctm.

Południk	2 ctm. □	1·5 ctm. □	1 ctm. □	0·5 ctm. □
0	16°25′	16°11′	15°57′	13°56′
15	15°57′	14°21′	14° 2′	13°56′
30	15°57′	14°21′	14° 2′	13°48′
45	14°25′	14°21′	13°56′	13°17′
60	14°25′	14° 2′	13°48′	13°17′
75	14°21′	14° 2′	13°48′	13°17′
90	14°21′	13°56′	13°48′	13°13′
105	14° 2′	13°56′	13°41′	12°51′
120	14° 2′	13°48′	13°17′	12°51′
135	14° 2′	13°41′	13°13′	12°44′
150	13°48′	13°41′	12°51′	12°22′
165	13°48′	13°34′	12°51′	12°22′
180	13°41′	13°17′	12°44′	11°59′
195	13°34′	13°13′	12°22′	11°30′
210	13°17′	12°51′	11°59′	11°30′
225	13°13′	12°44′	11°59′	10°28′
240	13°10′	12°22′	11°30′	10°28′
255	12°58′	12°16′	10°28′	10°17′
270	12°51′	12°16′	10°17′	10° 6′
285	13°34′	12°22′	10°28′	10°17′
300	13°48′	13°13′	10°41′	10°28′
315	14° 2′	13°48′	10°41′	10°41′
330	14°21′	13°48′	12°51′	12°28′
345	14°25′	14°21′	14° 2′	12°51′

V. Im do dalszego punktu oko się stósowało tém ciaśniejsze były granice czucia danéj barwy na siatkówce. Wszakże i tu z cyfr otrzymanych nie podobna było wykazać ściślejszego związku między odległością przedmiotu barwnego a zakresem sprawionego czucia [1]).

[1]) Piszący spodziéwa się jednak, że przy dalszych badaniach w tym kierunku, tak przy użyciu barwików jak i barw widmowych i przy uwzględnieniu większéj liczby pośrednich odległości do których ma się oko stósować, będzie mógł wkrótce orzec w téj mierze coś więcéj stanowczego.

Na załączonych tablicach (III i IV) zestawiłem cyfry odpowiadające punktom granicznym na poszczególnych południkach siatkówki, przy rozmaitéj odległości akomodacyjnéj. Każda z załączonych cyfr jest średnią ze 100 doświadczeń, to jest z wiadomych 5-ciokrotnych prób na 20 osobach.

Pewna niezgodność zachodząca między cyframi tablicy III (oko prawe) i IV (oko lewe) pochodzi ztąd, iż porządek południków siatkówki zatrzymałem ten sam, chcąc zaś tablice te z sobą porównywać, należy zwracać uwagę na jednoimienne części siatkówki. Średnie cyfry odpowiadające średnim granicom na południkach zostają mniéj więcéj te same dla obu oczu. Dołączony narys (obacz fig. 4) służyć ma do lepszego uzmysłowienia tego stopniowego rozszérzania się granic przy zmienianiu odległości, do któréj oko się akomoduje.

Tablica III.

Oko prawe. Barwa czerwona.

Południk	Część siatkówki	AR = 300 ctm.	AR = 200 ctm.	AR = 150 ctm.	AR = 100 ctm.	AR = 50 ctm.	AR = 30 ctm.	AR = 20 ctm.
0	wewnę-	16°11′	16°58′	21°13′	23°20′	41°17′	55°	63° 1′
15	trzna	15°37′	16°31′	19°31′	23° 8′	40°30′	54°33′	63° 1′
30		15°32′	16°25′	18°26′	23° 3′	39°52′	52°29′	63° 1′
45		15°28′	15°54′	17°44′	22°53′	39°12′	52°15′	63° 1′
60		14°46′	15°30′	17°41′	22°53′	38°43′	52°	62°10′
75		14°46′	15°28′	17°37′	22°40′	38°12′	52°	62°10′
90	górna	14° 2′	15°23′	16°39′	22°40′	38° 3′	51°34′	62°10′
105		13°48′	15°12′	16°35′	22°35′	37°33′	51°19′	61°32′
120		13°17′	15° 8′	16°32′	22°13′	37° 2′	50°52′	61°15′
135		13°13′	14°59′	16°20′	22° 8′	36°43′	50°52′	61°15′
150		12°58′	14°45′	16°20′	22° 8′	36°11′	49°53′	61°15′
165		12°51′	14°28′	16°20′	21°51′	36°11′	49°39′	61°15′
180	zewnę-	12°22′	14°28′	16°16′	21°51′	35°52′	48°42′	61°15′
195	trzna	11°59′	13°51′	16°11′	21°39′	35°32′	46°43′	59° 8′
210		11°30′	13°44′	16°11′	21°39′	35°32′	46°12′	59° 8′
225		10°48′	13°20′	16° 3′	21° 6′	35°22′	45°43′	59° 8′
240		10°28′	13° 8′	15°57′	20°49′	34°22′	45°13′	58°12′
255		10°17′	13°	15°54′	20° 9′	33° 8′	44°27′	58°12′
270	dolna	10°28′	12°20′	15°45′	19°59′	30°16′	42°54′	58°12′
285		10°41′	13° 8′	15°38′	19°52′	33°41′	42°57′	58°12′
300		10°49′	14°19′	16°35′	21° 1′	35°52′	47°28′	59° 8′
315		12°44′	15°12′	16°54′	22° 8′	35°52′	51° 5′	61°15′
330		12°51′	15°28′	17°37′	22°40′	39° 1′	52°	62°10′
345		13°43′	15°42′	17°48′	22°53′	40°20′	52°15′	63° 1′

Tablica IV.

Oko lewe. Barwa czerwona.

Południk	Część siatkówki	AR = 300 ctm.	AR = 200 ctm.	AR = 150 ctm.	AR = 100 ctm.	AR = 50 ctm.	AR = 30 ctm.	AR = 20 ctm.
0	zewnę-	12° 1'	13°44'	16° 3'	21° 6'	35°41'	45°54'	59°44'
15	trzna	12°16'	13°55'	16° 3'	21°16'	35°52'	49°28'	61°32'
30		12°35'	14°21'	16° 3'	21°45'	36°	49°39'	61°32'
45		12°44'	14°24'	16° 3'	21°45'	36°	49°42'	61°51'
60		12°54'	14°28'	16°11'	21°51'	36°32'	51°34'	61°26'
75		12°58'	14°45'	16°39'	22°13'	36°43'	51°54'	61°26'
90	górna	13°10'	14°55'	16°39'	22°13'	37° 2'	52°	61°26'
105		13°15'	14°55'	16°39'	22°20'	37° 2'	52°	61°26'
120		14°24'	15°24'	16°39'	22°30'	38°43'	52° 8'	62°44'
135		14°34'	15°24'	17°22'	22°35'	38°43'	52°15'	62°44'
150		14°41'	15°33'	17°22'	22°35'	38°43'	54°19'	65°44'
165		15°25'	16°16'	17°22'	22°13'	39°12'	54°33'	63° 1'
180	wewnę-	16°25'	16°51'	21°37'	22°13'	41°12'	55°	63° 1'
195	trzna	15°21'	16°51'	17°22'	22°13'	38° 3'	54°19'	63° 1'
210		14°34'	15°54'	17°22'	22°35'	37° 2'	52°	62°44'
225		13°22'	15°42'	16°39'	22°35'	36°11'	49°39'	62°26'
240		13°13'	15°24'	16°39'	22°35'	36°	49°39'	61°51'
255		12°44'	15°24'	16° 3'	22°13'	36°	49°39'	61°51'
270	dolna	12°16'	14°38'	16° 3'	22°13'	35°32'	47°42'	61°32'
285		12° 6'	14°24'	15°57'	21°45'	35°32'	47°42'	61°32'
300		11°59'	13°58'	15°57'	20° 9'	35°22'	47°34'	61°15'
315		11°59'	13°44'	15°57'	20° 4'	35° 3'	47°31'	59°44'
330		11°40'	13°32'	15°45'	19°59'	34°56'	45°43'	59°44'
345		11°30'	13°20'	15°45'	19°26'	34°56'	43°19'	58°12'

Różnice jakie zachodzą między granicami czucia odpowiedniego pewnéj barwie w miarę odległości akomodacyjnéj, nie pochodzą z przesuwania punktu węzłowego. Jakoż prosty rachunek przekonać może, że różnica między $\sin(\beta-\alpha) = \frac{6\cdot2}{8\cdot8}\sin\alpha$, a $\sin(\beta-\alpha) = \frac{6\cdot1}{8\cdot8}\sin\alpha$ lub wreszcie $\sin(\beta-\alpha) = \frac{6\cdot5}{8\cdot8}\sin\alpha$, nigdy tak wielką nie będzie, jak różnice wykazane przy stósowaniu oka do odległości 300 lub 20 ctm., choćbyśmy nawet zamiast doliczonych prze-

zemnie do każdéj odległości 7·1 mm., brali 7·2 lub 6·7, to jest granice, po jakie punkt węzłowy przy stósowaniu oka wdal i pobliże, zmienia położenie względem szczytu rogówki.

VI. Z doświadczeń jakie na oku własném robiłem, wynika, zgodnie z doświadczeniem Raehlmanna, że po zapuszczeniu atropinu rozszérza się zakres czucia barwy. Na tablicy Vtéj przedstawiam odnoszące się do tego wypadki z barwą czerwoną i fijoletową.

Tablica V.

Oko prawe.

Barwa czerwona. Barwa fijoletowa.

AR = 30 ctm.

Południk	E	At	E	At
0	54°33′	56° 6′	71°41′	72°47′
15	52°29′	54° 6′	70°59′	72°18′
30	52°29′	54° 6′	70° 7′	71°18′
45	52°15′	52°29′	70° 7′	71° 8′
60	52°15′	52°29′	69°15′	70°18′
75	52°	52°29′	68°55′	70° 8′
90	51°34′	52°	68°34′	70° 8′
105	51°19′	52°	68° 1′	69°15′
120	51° 5′	52°	68° 1′	68°55′
135	50°52′	51°34′	67°19′	68°34′
150	49°53′	51°34′	66°12′	68° 1′
165	49°53′	51°19′	66°22′	67°40′
180	49°39′	51°19′	66° 2′	67°19′
195	48°42′	51° 5′	64°41′	66°12′
210	48°42′	49°53′	61°33′	66° 2′
225	46°43′	49°53′	59° 6′	65°50′
240	46°12′	48°42′	57°38′	65°39′
255	44°27′	48°42′	56°30′	64°49′
270	42°57′	46°12′	56° 6′	64°41′
285	44°27′	46°43′	57°38′	65°39′
300	46°12′	48°42′	58°41′	66°12′
315	48°42′	49°53′	59° 6′	67°40′
330	49°53′	50°52′	61°33′	70°18′
345	51°34′	54° 6′	67°19′	71°28′

VII. Oprócz osób o prawidłowéj sile wzroku badałem tylko jednego krótkowidza (kol. K.... M. 1 $^1/_{20}$). W tym razie znalazłem granice obszérniejsze niż przy wzroku prawidłowym, jak się to pokazuje z załączonnj tu tablicy VItéj.

Tablica VI.

Oko prawe. Oko lewe.

Barwa czerwona. AR=30 ctm.

Południk	Część siatkówki	E	M $^1/_{20}$	Część siatkówki	E	M $^1/_{20}$
0	wewnętrzna	54°33′	56° 6′	zewnętrzna	46°43′	47°42′
15		52°29′	54°33′		49°28′	50°52′
30		52°29′	54°33′		49°39′	50°52′
45		52°15′	54° 6′		49°42′	51° 5′
60		52°15′	54° 6′		51°34′	51°54′
75		52°	52°29′		51°34′	51°54′
90	górna	51°34′	52°29′	górna	52°	52°15′
105		51°19′	52°15′		52°	52°15′
120		51° 5′	52°		52° 8′	52°29′
135		50°52′	51°54′		52°15′	52°29′
150		49°53′	51°34′		54°19′	54°33′
165		49°53′	51°19′		54°33′	56° 6′
180	zewnętrzna	49°39′	51° 5′	wewnętrzna	55°	56°20′
195		48°42′	51° 5′		54°19′	54°33′
210		48°42′	50°52′		52°	52°29′
225		46°43′	50°34′		49°39′	50°52′
240		46°12′	49°39′		49°39′	50°52′
255		44°27′	47°42′		49°39′	51° 5′
270	dolna	42°57′	45°43′	dolna	47°34′	51° 5′
285		44°27′	47°31′		47°42′	51°19′
300		46°12′	49°39′		47°31′	51°54′
315		48°42′	49°39′		45°43′	51°34′
330		49°53′	50°52′		45°43′	50°52′
345		51°34′	52°15′		46°12′	49°53′

Kończąc uważam za obowiązek złożyć serdeczną podziękę Prof. Drowi Piotrowskiemu, za życzliwe popiéranie téj pracy i użyczenie środków ku jéj wykończeniu, oraz Doc. Drowi L. Birkenmayerowi za łaskawą pomoc w części teoretycznéj.

Pisałem w Grudniu 1883 r.

Fig 1.

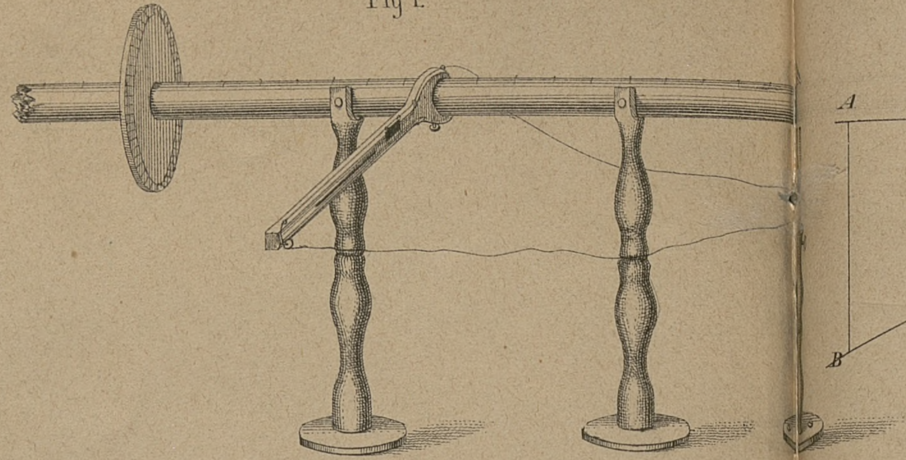


Fig. 2.

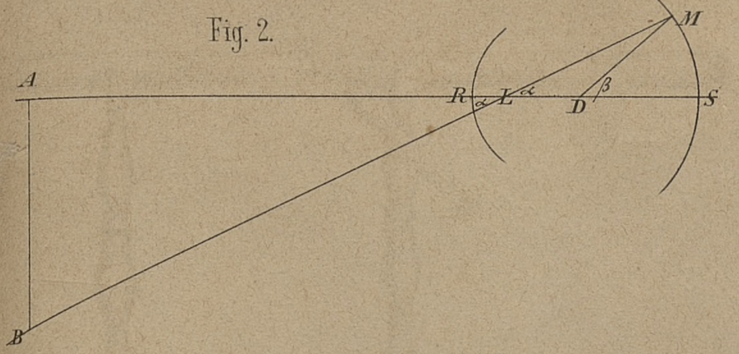


Fig. 3.

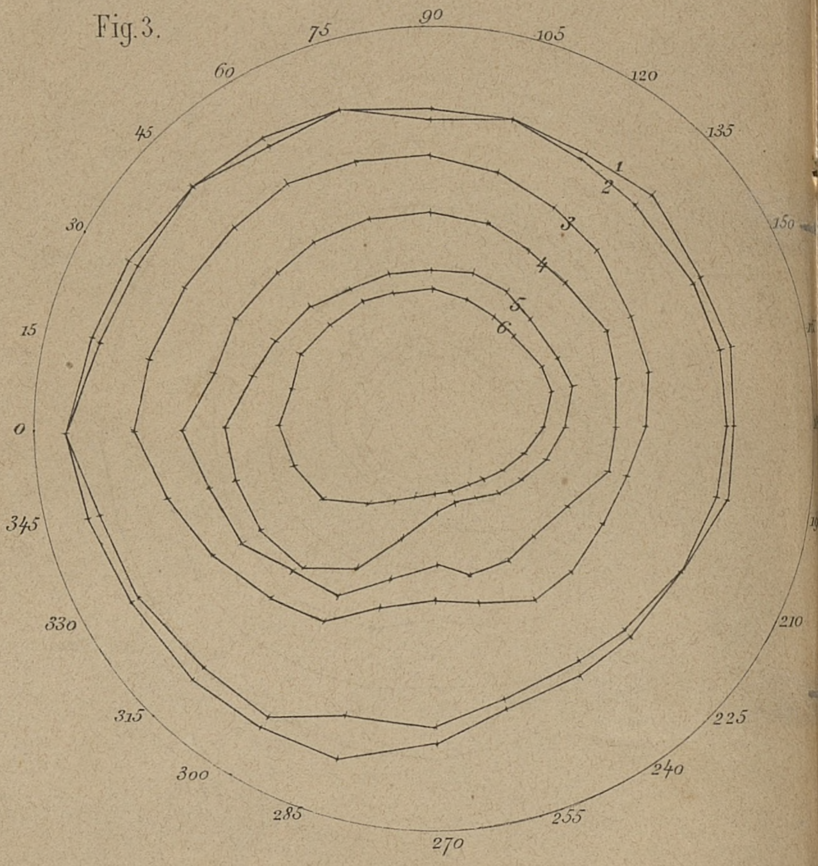
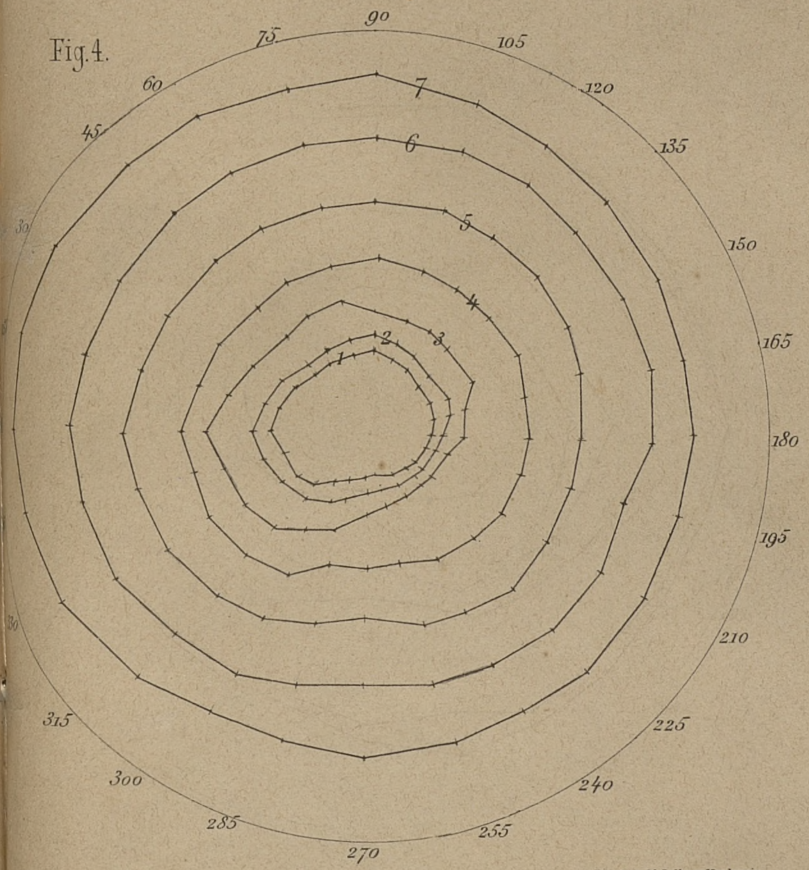


Fig. 4.



Lit. akad. M. Salba w Krakowie.

Objaśnienie figur.

Fig. 1. Przyrząd użyty przezemnie do badania zachowania się granic czucia siatkówki na barwy przy rozmaitéj odległości, do któréj oko stosuje się.

Fig. 2. Geometryczny rysunek ułatwiający zrozumienie zamiany jednostek długości odczytanych na podziałce listwy na jednostki kątowe na południkach siatkówki.

Fig. 3. Schematyczny rys zachowania się granic odpowiadających poszczególnym barwom względem siebie. AR = 200 ctm.

1) barwa fijoletowa,	2) barwa niebieska,
3) barwa żółta,	4) barwa zielona,
5) barwa pomarańczowa,	6) barwa czerwona.

Fig. 4. Schematyczny rys zachowania się granic wrażliwości na barwę czerwoną przy rozmaitéj odległości, do któréj oko akomoduje.

1)	odpowiada	AR	= 300		
2)	„	„	„ = 200		
3)	„	„	„ = 150		
4)	„	„	„ = 100	ctm.	
5)	„	„	„ = 50		
6)	„	„	„ = 30		
7)	„	„	„ = 20		